

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

19.11.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

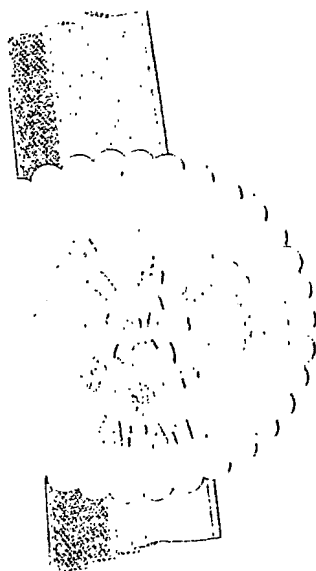
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 8 月 2 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 0 1 4 5 9
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 0 1 4 5 9]

出 願 人 トヨタ自動車株式会社
Applicant(s):

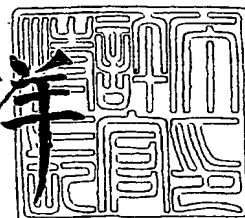
Best Available Copy



2 0 0 5 年 1 月 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 1033453
【提出日】 平成15年 8月26日
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿
【国際特許分類】 F02D 45/00
F02D 13/02

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 武藤 晴文

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 宮野尾 裕二

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 永楽 玲

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 秤谷 雅史

【特許出願人】
【識別番号】 000003207
【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】
【識別番号】 100099759
【弁理士】
【氏名又は名称】 青木 篤
【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】
【識別番号】 100092624
【弁理士】
【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】
【識別番号】 100102819
【弁理士】
【氏名又は名称】 島田 哲郎

【選任した代理人】
【識別番号】 100123582
【弁理士】
【氏名又は名称】 三橋 真二

【選任した代理人】
【識別番号】 100082898
【弁理士】
【氏名又は名称】 西山 雅也

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 008268
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0306635

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

スロットル弁と、該スロットル弁と協働する吸気量可変手段とを備えた内燃機関において吸気量を制御する装置であって、

機関吸気系をモデル化して該機関吸気系を通過する空気について表したモデル式を備えていて、更に、

アクセル開度と機関回転数とに基づいて目標吸気量を求める手段と、

少なくとも上記目標吸気量に基づいて上記吸気量可変手段についての目標設定状態を決定する手段と、

上記目標吸気量と、上記目標設定状態とから、上記モデル式に基づいて上記目標吸気量を実現するスロットル開度である目標スロットル開度を求める手段とを有する、内燃機関の吸気量制御装置。

【請求項 2】

目標スロットル開度を求める上記手段は、上記目標吸気量と、上記目標設定状態とに基づいて、上記吸気量可変手段が上記目標設定状態に設定されている場合に上記目標吸気量を実現するスロットル弁下流側の吸気管内圧力である目標吸気管内圧力を求める手段と、上記目標吸気量と、上記目標吸気管内圧力とに基づいて、上記目標スロットル開度を求める手段とを有している、請求項 1 に記載の内燃機関の吸気量制御装置。

【請求項 3】

上記モデル式として、スロットル弁下流側の吸気管内圧力とスロットル弁通過空気流量との関係を表す第 1 の式であってスロットル開度に応じて定まる第 1 の式と、

スロットル弁下流側の吸気管内圧力と筒内吸入空気流量との関係を表す第 2 の式であって少なくとも上記吸気量可変手段の設定状態と機関回転数とに応じて定まる第 2 の式と、を有している、請求項 1 に記載の内燃機関の吸気量制御装置。

【請求項 4】

目標吸気量を求める上記手段は、上記アクセル開度と上記機関回転数とに基づいて上記吸気量可変手段が予め定めた基準状態に設定されているとした場合における目標スロットル開度である基準目標スロットル開度を求める手段を有していて、該手段によって求められた基準目標スロットル開度によって定められた上記第 1 の式に基づいて求められるスロットル弁通過空気流量と、上記吸気量可変手段が上記基準状態に設定されているとして少なくとも機関回転数によって定められた上記第 2 の式に基づいて求められる筒内吸入空気流量とが同一のスロットル弁下流側吸気管内圧力に対して等しくなる時の上記筒内吸入空気流量を求め、該筒内吸入空気流量を目標吸気量とする、もしくは該筒内吸入空気流量を換算した値を目標吸気量とする、請求項 3 に記載の内燃機関の吸気量制御装置。

【請求項 5】

目標スロットル開度を求める上記手段は、上記目標吸気量と、上記目標設定状態とに基づいて、上記吸気量可変手段が上記目標設定状態に設定されている場合に上記目標吸気量を実現するスロットル弁下流側の吸気管内圧力である目標吸気管内圧力を求める手段を有していて、該手段は、上記吸気量可変手段が上記目標設定状態に設定されているとして少なくとも機関回転数によって定められた上記第 2 の式に筒内吸入空気流量で表された上記目標吸気量を代入することによって上記目標吸気管内圧力を求める、請求項 3 または 4 に記載の内燃機関の吸気量制御装置。

【請求項 6】

目標スロットル開度を求める上記手段は、上記目標吸気量と、上記目標吸気管内圧力とに基づいて上記目標スロットル開度を求める手段を更に有していて、該手段は、筒内吸入空気流量で表された上記目標吸気量と、上記目標吸気管内圧力とを用いて、上記第 1 の式に基づいて上記目標スロットル開度を求める、請求項 5 に記載の内燃機関の吸気量制御装置。

【請求項 7】

上記吸気量可変手段は、吸気弁及び排気弁の少なくとも一方の開弁特性を制御する開弁

特性制御手段である、請求項 1 から 6 の何れか一項に記載の内燃機関の吸気量制御装置。

【請求項 8】

スロットル弁と、該スロットル弁と協働する吸気量可変手段とを備えた内燃機関において吸気量を制御する方法であって、

アクセル開度と機関回転数とに基づいて目標吸気量を求める段階と、

少なくとも上記目標吸気量に基づいて上記吸気量可変手段についての目標設定状態を決定する段階と、

上記目標吸気量と、上記目標設定状態とから、機関吸気系をモデル化して該機関吸気系を通過する空気について表したモデル式に基づいて上記目標吸気量を実現するスロットル開度である目標スロットル開度を求める段階とを有する、内燃機関の吸気量制御方法。

【請求項 9】

目標スロットル開度を求める上記段階は、上記目標吸気量と、上記目標設定状態とに基づいて、上記吸気量可変手段が上記目標設定状態に設定されている場合に上記目標吸気量を実現するスロットル弁下流側の吸気管内圧力である目標吸気管内圧力を求める段階と、上記目標吸気量と、上記目標吸気管内圧力とに基づいて、上記目標スロットル開度を求める段階とを有している、請求項 8 に記載の内燃機関の吸気量制御方法。

【請求項 10】

上記モデル式として、スロットル弁下流側の吸気管内圧力とスロットル弁通過空気流量との関係を表す第 1 の式であってスロットル開度に応じて定まる第 1 の式と、

スロットル弁下流側の吸気管内圧力と筒内吸入空気流量との関係を表す第 2 の式であって少なくとも上記吸気量可変手段の設定状態と機関回転数とに応じて定まる第 2 の式と、が少なくとも用いられる、請求項 8 に記載の内燃機関の吸気量制御方法。

【請求項 11】

目標吸気量を求める上記段階は、上記アクセル開度と上記機関回転数とに基づいて上記吸気量可変手段が予め定めた基準状態に設定されているとした場合における目標スロットル開度である基準目標スロットル開度を求める段階を有して、

目標吸気量を求める上記段階においては、上記基準目標スロットル開度によって定められた上記第 1 の式に基づいて求められるスロットル弁通過空気流量と、上記吸気量可変手段が上記基準状態に設定されているとして少なくとも機関回転数によって定められた上記第 2 の式に基づいて求められる筒内吸入空気流量とが同一のスロットル弁下流側吸気管内圧力に対して等しくなる時の上記筒内吸入空気流量が求められ、該筒内吸入空気流量が目標吸気量とされる、もしくは該筒内吸入空気流量を換算した値が目標吸気量とされる、請求項 10 に記載の内燃機関の吸気量制御方法。

【請求項 12】

目標スロットル開度を求める上記段階は、上記目標吸気量と、上記目標設定状態とに基づいて、上記吸気量可変手段が上記目標設定状態に設定されている場合に上記目標吸気量を実現するスロットル弁下流側の吸気管内圧力である目標吸気管内圧力を求める段階を有して、該段階においては、上記吸気量可変手段が上記目標設定状態に設定されているとして少なくとも機関回転数によって定められた上記第 2 の式に筒内吸入空気流量で表された上記目標吸気量を代入することによって上記目標吸気管内圧力が求められる、請求項 10 または 11 に記載の内燃機関の吸気量制御方法。

【請求項 13】

目標スロットル開度を求める上記段階は、上記目標吸気量と、上記目標吸気管内圧力とに基づいて上記目標スロットル開度を求める段階を更に有して、該段階においては、筒内吸入空気流量で表された上記目標吸気量と、上記目標吸気管内圧力とを用いて、上記第 1 の式に基づいて上記目標スロットル開度が求められる、請求項 12 に記載の内燃機関の吸気量制御方法。

【請求項 14】

上記吸気量可変手段は、吸気弁及び排気弁の少なくとも一方の開弁特性を制御する開弁特性制御手段である、請求項 8 から 13 の何れか一項に記載の内燃機関の吸気量制御方法

【書類名】明細書

【発明の名称】内燃機関の吸気量制御装置及び吸気量制御方法

【技術分野】

【0001】

本発明は内燃機関の吸気量制御装置及び吸気量制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、燃費の向上等を目的として、スロットル弁とそれ以外の機構との協調制御によって吸気量を制御するようにした内燃機関が公知になっている。上記機構の例としては、吸気弁や排気弁の開弁特性を制御する可変動弁機構が代表的であるが、その他にも気筒数可変機構や排気量可変機構等がある。

【0003】

そしてこのような吸気量を制御する付加的な機構は、一般に、アクセル開度等に対応して設定される吸気量（すなわち、目標吸気量）と内燃機関の運転状態とに応じて、燃費、エミッション、トルク変動等の条件が複合的に最適となる状態に設定されるのであるが、内燃機関自体は運転者のアクセル操作に対応した運転（もしくはトルク発生）を行うことが期待されるため、上記機構がどのような状態に設定されたとしても、アクセル開度に対応した上記目標吸気量を実現するようにする必要がある。すなわち、上記機構の設定状態に対応して上記目標吸気量を実現するスロットル弁の開度（すなわち、目標スロットル開度）を求め、その開度にスロットル弁の開度を調整する必要がある。

【0004】

スロットル弁の目標開度を求める方法としては、例えば特許文献1に、アクセル開度から要求トルク、要求トルクから目標吸気量、目標吸気量から目標吸気圧、目標吸気圧からスロットル弁の目標開度、と吸気系モデルを用いて順次算出する方法が開示されている。しかしながら、特許文献1に開示されているのはスロットル弁のみによって吸気量を制御する場合であり、上記のような吸気量を制御する付加的な機構を有する場合には対応していない。

【0005】

他方、上記のような機構を有する場合にも対応し得るスロットル弁の目標開度を求める方法としては、目標吸気量と、運転状態を表す各指標を引数とした目標開度のマップを事前に作成しておき、そのマップに基づいて求める方法がある。しかしながら、実際にこのようなマップを作成するためには、多大な時間が必要となる。特に上記のような機構を備えている場合には、その設定状態を表す指標が上記の運転状態を表す指標として加わるため、マップ作成作業の工数は非常に大きなものとなる。そしてマップ作成作業の工数を低減すべく、引数や実測点を減少させた場合には、得られる目標開度の精度が低下することが懸念される。

【0006】

【特許文献1】特開2002-309993

【特許文献2】特開2001-41095

【特許文献3】特開2002-180892

【特許文献4】特開2002-309992

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上記のような問題に鑑みてなされたもので、その目的は、スロットル弁とそれと協働する吸気量可変手段とを備えた内燃機関の吸気量制御装置及び吸気量制御方法であって、吸気量可変手段の設定状態に応じたスロットル弁の目標開度を、上記のような問題のない新規な方法によって求めるようにした吸気量制御装置及び吸気量制御方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上記課題を解決するための手段として、特許請求の範囲の各請求項に記載された内燃機関の吸気量制御装置または吸気量制御方法を提供する。

【0009】

請求項1に記載の発明は、スロットル弁と、該スロットル弁と協働する吸気量可変手段とを備えた内燃機関において吸気量を制御する装置であって、機関吸気系をモデル化して該機関吸気系を通過する空気について表したモデル式を備えていて、更に、アクセル開度と機関回転数とに基づいて目標吸気量を求める手段と、少なくとも上記目標吸気量に基づいて上記吸気量可変手段についての目標設定状態を決定する手段と、上記目標吸気量と、上記目標設定状態とから、上記モデル式に基づいて上記目標吸気量を実現するスロットル開度である目標スロットル開度を求める手段とを有する、内燃機関の吸気量制御装置を提供する。

【0010】

請求項1に記載の発明によれば、スロットル弁と、該スロットル弁と協働する吸気量可変手段とを備えた内燃機関において、吸気量を制御する際の上記目標スロットル開度が、上記目標吸気量と、上記目標設定状態とから、機関吸気系をモデル化して該機関吸気系を通過する空気について表したモデル式に基づいて求められる。これにより、従来に比べ、上記目標スロットル開度を求めるのに必要なマップを作成するための工数を削減することができ、また、上記目標スロットル開度を比較的精度良く求めることができる。

【0011】

なお、本明細書でいう吸気量とは、内燃機関の稼動中の全気筒の燃焼室内に吸入される空気の量のことである。そのため、例えば、気筒の一部を休止させることによっても上記吸気量を変化させることができる。また、上記吸気量は、例えば、筒内充填空気量、筒内吸入空気流量、筒内空気充填率等で表すことができる。

【0012】

請求項2に記載の発明では請求項1に記載の発明において、目標スロットル開度を求める上記手段は、上記目標吸気量と、上記目標設定状態とに基づいて、上記吸気量可変手段が上記目標設定状態に設定されている場合に上記目標吸気量を実現するスロットル弁下流側の吸気管内圧力である目標吸気管内圧力を求める手段と、上記目標吸気量と、上記目標吸気管内圧力とに基づいて、上記目標スロットル開度を求める手段とを有している。

請求項2に記載の発明によっても請求項1に記載の発明とほぼ同様の作用及び効果を得ることができる。

【0013】

請求項3に記載の発明では請求項1に記載の発明において、上記モデル式として、スロットル弁下流側の吸気管内圧力とスロットル弁通過空気流量との関係を表す第1の式であってスロットル開度に応じて定まる第1の式と、スロットル弁下流側の吸気管内圧力と筒内吸入空気流量との関係を表す第2の式であって少なくとも上記吸気量可変手段の設定状態と機関回転数とに応じて定まる第2の式と、を有している。

請求項3に記載の発明によっても請求項1に記載の発明とほぼ同様の作用及び効果を得ることができる。

【0014】

請求項4に記載の発明では請求項3に記載の発明において、目標吸気量を求める上記手段は、上記アクセル開度と上記機関回転数とに基づいて上記吸気量可変手段が予め定めた基準状態に設定されているとした場合における目標スロットル開度である基準目標スロットル開度を求める手段を有していて、該手段によって求められた基準目標スロットル開度によって定められた上記第1の式に基づいて求められるスロットル弁通過空気流量と、上記吸気量可変手段が上記基準状態に設定されているとして少なくとも機関回転数によって定められた上記第2の式に基づいて求められる筒内吸入空気流量とが同一のスロットル弁下流側吸気管内圧力に対して等しくなる時の上記筒内吸入空気流量を求め、該筒内吸入空気流量を目標吸気量とする、もしくは該筒内吸入空気流量を換算した値を目標吸気量とす

る。

請求項 4 に記載の発明によれば、運転者の意図に則した目標吸気量を設定することができる。

【0015】

請求項 5 に記載の発明では請求項 3 または 4 に記載の発明において、目標スロットル開度を求める上記手段は、上記目標吸気量と、上記目標設定状態とに基づいて、上記吸気量可変手段が上記目標設定状態に設定されている場合に上記目標吸気量を実現するスロットル弁下流側の吸気管内圧力である目標吸気管内圧力を求める手段を有していて、該手段は、上記吸気量可変手段が上記目標設定状態に設定されているとして少なくとも機関回転数によって定められた上記第 2 の式に筒内吸入空気流量で表された上記目標吸気量を代入することによって上記目標吸気管内圧力を求める。

請求項 5 に記載の発明によれば、上記目標スロットル開度を求める過程において、比較的簡単な計算により上記目標吸気管内圧力を求めることができる。

【0016】

請求項 6 に記載の発明では請求項 5 に記載の発明において、目標スロットル開度を求める上記手段は、上記目標吸気量と、上記目標吸気管内圧力とに基づいて上記目標スロットル開度を求める手段を更に有していて、該手段は、筒内吸入空気流量で表された上記目標吸気量と、上記目標吸気管内圧力とを用いて、上記第 1 の式に基づいて上記目標スロットル開度を求める。

請求項 6 に記載の発明によっても請求項 1 に記載の発明とほぼ同様の作用及び効果を得ることができる。

【0017】

請求項 7 に記載の発明では請求項 1 から 6 の何れか一項に記載の発明において、上記吸気量可変手段は、吸気弁及び排気弁の少なくとも一方の開弁特性を制御する開弁特性制御手段である。

【0018】

請求項 7 に記載の発明によれば、スロットル弁と、上記開弁特性制御手段とを備えた内燃機関において吸気量を制御する際の上記目標スロットル開度が、上記目標吸気量と、上記目標設定状態（より詳細には、目標開弁特性）とから、機関吸気系をモデル化して該機関吸気系を通過する空気について表したモデル式に基づいて求められる。これにより、従来に比べ、上記目標スロットル開度を求めるのに必要なマップを作成するための工数を削減することができ、また、上記目標スロットル開度を比較的精度良く求めることができる。なお、本明細書において開弁特性とは、バルブリフト量、作用角、弁の開閉タイミングのうちの一つ、もしくは複数のものを意味する。

【0019】

請求項 8 に記載の発明は、スロットル弁と、該スロットル弁と協働する吸気量可変手段とを備えた内燃機関において吸気量を制御する方法であって、アクセル開度と機関回転数とに基づいて目標吸気量を求める段階と、少なくとも上記目標吸気量に基づいて上記吸気量可変手段についての目標設定状態を決定する段階と、上記目標吸気量と、上記目標設定状態とから、機関吸気系をモデル化して該機関吸気系を通過する空気について表したモデル式に基づいて上記目標吸気量を実現するスロットル開度である目標スロットル開度を求める段階とを有する、内燃機関の吸気量制御方法を提供する。

請求項 8 に記載の発明によっても請求項 1 に記載の発明とほぼ同様の作用及び効果を得ることができる。

【0020】

請求項 9 に記載の発明では請求項 8 に記載の発明において、目標スロットル開度を求める上記段階は、上記目標吸気量と、上記目標設定状態とに基づいて、上記吸気量可変手段が上記目標設定状態に設定されている場合に上記目標吸気量を実現するスロットル弁下流側の吸気管内圧力である目標吸気管内圧力を求める段階と、上記目標吸気量と、上記目標吸気管内圧力とに基づいて、上記目標スロットル開度を求める段階とを有している。

請求項 9 に記載の発明によっても請求項 1 に記載の発明とほぼ同様の作用及び効果を得ることができる。

【0021】

請求項 10 に記載の発明では請求項 8 に記載の発明において、上記モデル式として、スロットル弁下流側の吸気管内圧力とスロットル弁通過空気流量との関係を表す第 1 の式であってスロットル開度に応じて定まる第 1 の式と、スロットル弁下流側の吸気管内圧力と筒内吸入空気流量との関係を表す第 2 の式であって少なくとも上記吸気量可変手段の設定状態と機関回転数とに応じて定まる第 2 の式と、が少なくとも用いられる。

請求項 10 に記載の発明によっても請求項 1 に記載の発明とほぼ同様の作用及び効果を得ることができる。

【0022】

請求項 11 に記載の発明では請求項 10 に記載の発明において、目標吸気量を求める上記段階は、上記アクセル開度と上記機関回転数とに基づいて上記吸気量可変手段が予め定めた基準状態に設定されているとした場合における目標スロットル開度である基準目標スロットル開度を求める段階を有して、目標吸気量を求める上記段階においては、上記基準目標スロットル開度によって定められた上記第 1 の式に基づいて求められるスロットル弁通過空気流量と、上記吸気量可変手段が上記基準状態に設定されているとして少なくとも機関回転数によって定められた上記第 2 の式に基づいて求められる筒内吸入空気流量とが同一のスロットル弁下流側吸気管内圧力に対して等しくなる時の上記筒内吸入空気流量が求められ、該筒内吸入空気流量が目標吸気量とされる、もしくは該筒内吸入空気流量を換算した値が目標吸気量とされる。

請求項 11 に記載の発明によれば、請求項 4 に記載の発明と同様、運転者の意図に則した目標吸気量を設定することができる。

【0023】

請求項 12 に記載の発明では請求項 10 または 11 に記載の発明において、目標スロットル開度を求める上記段階は、上記目標吸気量と、上記目標設定状態とに基づいて、上記吸気量可変手段が上記目標設定状態に設定されている場合に上記目標吸気量を実現するスロットル弁下流側の吸気管内圧力である目標吸気管内圧力を求める段階を有して、該段階においては、上記吸気量可変手段が上記目標設定状態に設定されているとして少なくとも機関回転数によって定められた上記第 2 の式に筒内吸入空気流量で表された上記目標吸気量を代入することによって上記目標吸気管内圧力が求められる。

請求項 12 に記載の発明によれば、請求項 5 に記載の発明と同様、上記目標スロットル開度を求める過程において、比較的簡単な計算により上記目標吸気管内圧力を求めることができる。

【0024】

請求項 13 に記載の発明では請求項 12 に記載の発明において、目標スロットル開度を求める上記段階は、上記目標吸気量と、上記目標吸気管内圧力とに基づいて上記目標スロットル開度を求める段階を更に有して、該段階においては、筒内吸入空気流量で表された上記目標吸気量と、上記目標吸気管内圧力とを用いて、上記第 1 の式に基づいて上記目標スロットル開度が求められる。

請求項 13 に記載の発明によっても請求項 1 に記載の発明とほぼ同様の作用及び効果を得ることができる。

【0025】

請求項 14 に記載の発明では請求項 8 から 13 の何れか一項に記載の発明において、上記吸気量可変手段は、吸気弁及び排気弁の少なくとも一方の開弁特性を制御する開弁特性制御手段である。

請求項 14 に記載の発明によれば、請求項 7 に記載の発明とほぼ同様の作用及び効果を得ることができる。

【発明の効果】

【0026】

各請求項に記載の発明によれば、スロットル弁と、該スロットル弁と協働する吸気量可変手段とを備えた内燃機関において吸気量を制御する際の目標スロットル開度が、目標吸気量と、上記吸気量可変手段の目標設定状態とから、機関吸気系をモデル化して該機関吸気系を通過する空気について表したモデル式に基づいて求められる。これにより、従来に比べ、上記目標スロットル開度を求めるのに必要なマップを作成するための工数を削減することができ、また、上記目標スロットル開度を比較的精度良く求めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、図面において、同一または類似の構成要素には共通の参照番号を付す。

【0028】

図1は本発明を筒内噴射型火花点火式内燃機関に適用した場合の一例を示す概略図である。なお、本発明は別の火花点火式内燃機関や圧縮自着火式内燃機関に適用してもよい。

図1において、1は内燃機関本体、2は吸気弁、3は吸気ポート、4は排気弁、5は排気ポート、6はシリンダ（気筒）7内に形成された燃焼室をそれぞれ示す。各気筒の吸気ポート3は下流側の吸気管8を介してサージタンク9に連結され、サージタンク9は上流側の吸気管10を介してエアクリーナ11へ連結される。上記吸気管10内にはスロットル弁12が配置される。一方、各気筒の排気ポート5は排気管13に連結される。

【0029】

また、14はバルブリフト量を変更するためのバルブリフト量変更装置を示している。つまり、本実施形態ではバルブリフト量変更装置14を作動させることにより、吸気弁2のバルブリフト量を制御することができる。

バルブリフト量変更装置14を作動させることによって吸気弁2のバルブリフト量が変わると、それに伴って吸気弁2の開口面積が変わることになる。本実施形態の吸気弁2では、バルブリフト量が増加されるに従って吸気弁2の開口面積が増加する。また後述するように本実施形態ではバルブリフト量変更装置14によって吸気弁2のバルブリフト量が変わると、それに伴って吸気弁2の作用角も変更される。

【0030】

一方、15は吸気弁2のバルブリフト量及び作用角を変更することなく開閉タイミングをシフトさせるための開閉タイミングシフト装置を示している。つまり、開閉タイミングシフト装置15を作動することにより、吸気弁2の開閉タイミングを進角側にシフトさせたり、遅角側にシフトさせたりすることができ、これによってバルブオーバーラップ量の調整等を行うことができる。

【0031】

16は燃料噴射弁、17は点火栓、18は吸気弁2のバルブリフト量及び作用角、並びに開閉タイミングシフト量を検出するための開弁特性センサ、19は機関回転数を検出するための機関回転数センサである。20は内燃機関の周囲の大気圧を検出するための大気圧センサ、21は内燃機関冷却水の温度を検出するための冷却水温センサ、22は内燃機関の周囲の大気温度を検出するための大気温センサである。23はスロットル弁12の開度を検出するためのスロットル開度センサ、24はエアフローメータ、25はスロットル弁12よりも下流側の吸気管内の圧力を検出するための吸気管内圧力センサである。26はアクセルペダル27に接続された負荷センサであり、アクセルペダル27の踏み込み量（以下、「アクセル踏み込み量」と称す）に比例した出力を発生する。28はECU（電子制御装置）であり、図1に示されているように上述の各センサの出力はここへ入力される。

【0032】

本実施形態において、燃料噴射弁16はECU28に接続されており、ECU28からの信号によって噴射される燃料量や噴射時期を制御することができる。同様に、点火栓17もECU28に接続されており、ECU28からの信号によって点火時期を制御することができる。また、スロットル弁12の開度はアクセル踏み込み量とは無関係に変更するこ

とができ、スロットル開度を調整することでスロットル弁下流側の吸気管内の圧力を制御することができる。

【0033】

図2は、バルブリフト量変更装置14が作動されるのに伴って吸気弁2のバルブリフト量が増加する様子を示した図である。図2に示すように、バルブリフト量変更装置14によって吸気弁2のバルブリフト量が連続的に変更せしめられる。また、上述したように本実施形態においては、バルブリフト量の変化に伴って、吸気弁2の開弁期間に対応する作用角についても変化する。詳細には、吸気弁2のバルブリフト量が増加せしめられるのに伴って、吸気弁2の作用角が増加せしめられる（実線→破線→一点鎖線）。したがって、本実施形態において、バルブリフト量変更装置14はリフト量制御手段と作用角制御手段の両方を構成する。

【0034】

また、本実施形態では、バルブリフト量変更装置14が作動されるのに伴って、吸気弁2のバルブリフト量がピークとなるタイミングも変更せしめられる。より詳細には、図2に示されているように、吸気弁2のバルブリフト量が増加せしめられるのに伴って、吸気弁2のバルブリフト量がピークとなるタイミングが遅角せしめられる。

【0035】

図3は、開閉タイミングシフト装置15が作動されるのに伴って吸気弁2の開閉タイミングがシフトする様子を示した図である。図3に示すように、開閉タイミングシフト装置15によって吸気弁2の開閉タイミングが連続的に変更せしめられる。この時、吸気弁2の作用角は変更されない。

【0036】

本実施形態では、各気筒の燃焼室6内に吸入される空気量を、吸気弁2の開弁特性（リフト量、作用角、バルブタイミング）とスロットル弁12の開度（より詳細には、スロットル弁下流側の吸気管内圧力）とを協調制御することによって制御することができる。つまり、内燃機関の吸気量を、吸気弁2の開弁特性とスロットル弁12の開度とを協調制御することによって制御することができる。また、他の実施形態では、これらに加え、アイドルスピードコントロールバルブ（図示なし）の開度を制御することによって吸気量を制御するようにしてもよい。

【0037】

ところで、近年、内燃機関の吸気系を流体力学等に基づいてモデル化し、そのモデルを用いて算出した制御パラメータに基づいて内燃機関の制御を行うことが検討されている。すなわち、例えば、内燃機関の吸気系について、スロットルモデル、吸気管モデル、吸気弁モデル等を構築して吸気系を通過する空気について表したモデル式を求め、これら各モデル式を用いることにより各種の制御に必要なパラメータを算出して、これらに基づいて内燃機関の制御を行うようにする。

【0038】

そして、本実施形態においても、図1に示したような構成において、その吸気系がスロットルモデル、吸気管モデル、吸気弁モデルの各モデルにモデル化され、以下で説明するような各モデル式が具備されている。以下、上記の各モデル及びそのモデル式について説明する。

【0039】

まずスロットルモデルについて説明する。スロットルモデルはスロットル弁をモデル化したものであり、これによるとスロットル弁通過空気流量 m_t (g/s) が下記数1によって表される。ここで、 P_{ac} (kPa) はスロットル弁12の上流側の吸気管内圧力（以下、「上流側吸気管内圧力」と称す）であり、少なくともエアクリーナ11の圧力損失を考慮して求められた値である。また、 T_a (K) は大気温度、 P_m (kPa) はスロットル弁より下流側の吸気管内圧力（以下、「下流側吸気管内圧力」と称す）、 R は気体定数である。更に、 μ はスロットル弁における流量係数で、スロットル開度 θ_t の関数であり、図4に示したようなマップから定まる。また、 A_t (m^2) はスロットル弁の開口断

面積（以下、「スロットル開口面積」と称す）を示し、スロットル開度 θt の関数である。なお、これら流量係数 μ 及びスロットル開口面積 $A t$ をまとめた $\mu \cdot A t$ をスロットル開度 θt だけを変数とする関数 $F(\theta t)$ とすると、数 1 は数 2 のように書き換えることができる。そしてこの関数 $F(\theta t)$ の値を実験またはシミュレーション等によって求めて θt を引数とするマップを事前に作成しておけば、そのマップに基づいてスロットル開度 θt から $F(\theta t)$ の値を求めることができる。

【0040】

【数 1】

$$m t = \mu \cdot A t \cdot \frac{P a c}{\sqrt{R \cdot T a}} \cdot \Phi\left(\frac{P m}{P a c}\right)$$

【0041】

【数 2】

$$m t = F(\theta t) \cdot \frac{P a c}{\sqrt{R \cdot T a}} \cdot \Phi\left(\frac{P m}{P a c}\right)$$

【0042】

$\Phi(P m / P a c)$ は下記数 3 に示した関数であり、この数 3 における κ は比熱比 ($\kappa = C p$ (等圧比熱) / $C v$ (等容比熱)) であり、一定値とする) である。この関数 $\Phi(P m / P a c)$ は図 5 に示したようなグラフに表すことができるので、このようなグラフをマップとして ECU 28 に保存し、実際には数 3 を用いて計算するのではなくマップから $\Phi(P m / P a c)$ の値を求めるようにしてもよい。

【0043】

【数 3】

$$\Phi\left(\frac{P m}{P a c}\right) = \begin{cases} \sqrt{\frac{\kappa}{2(\kappa+1)}} & \dots \frac{P m}{P a c} \leq \frac{1}{\kappa+1} \\ \sqrt{\left\{\left(\frac{\kappa-1}{2\kappa}\right) \cdot \left(1 - \frac{P m}{P a c}\right) + \frac{P m}{P a c}\right\} \cdot \left(1 - \frac{P m}{P a c}\right)} & \dots \frac{P m}{P a c} > \frac{1}{\kappa+1} \end{cases}$$

【0044】

これらスロットルモデルのモデル式である数 1 から数 3 は、スロットル弁 12 上流の気体の圧力を上流側吸気管内圧力 $P a c$ 、スロットル弁 12 上流の気体の温度を大気温度 $T a$ 、スロットル弁 12 を通過する気体の圧力を下流側吸気管内圧力 $P m$ として、図 6 に示したようなスロットル弁 12 のモデルに対して、質量保存則、エネルギー保存則及び運動量保存則を適用し、更に気体の状態方程式、比熱比の定義式、及びマイヤーの関係式を利用することによって得られる。

【0045】

なお、ここでスロットル弁12上流の気体の圧力として大気圧 P_a ではなく、上記上流側吸気管内圧力 P_{ac} を用いたのは、実際のスロットル弁12上流側の圧力は、機関吸気系におけるスロットル弁上流側の圧力損失があるために、通常、機関運転中においては大気圧 P_a より低い圧力となっているからである。そして特に図1に示した構成においては、機関吸気系の最上流部にエアクリーナ11が設けられているので、より正確にスロットル弁通過空気流量 m_t を算出するためには、少なくともエアクリーナ11の圧力損失を考慮して求めた上記上流側吸気管内圧力 P_{ac} を用いることがより好ましいと考えられる。

【0046】

ところで、上記上流側吸気管内圧力 P_{ac} は、スロットル弁12の直上流に圧力センサを設けて検出するようにしてもよいが、圧力センサを使用しないで算出することも可能である。すなわち、大気圧 P_a と上流側吸気管内圧力 P_{ac} との差は、ベルヌーイの定理により、下記数4のように表すことができる。

【0047】

【数4】

$$P_a - P_{ac} = \frac{1}{2} \rho v^2 = k \frac{G_a^2}{\rho}$$

【0048】

ここで、 ρ は大気密度であり、 v はエアクリーナ11を通過する空気の流速であり、 G_a はエアクリーナ11を通過する空気の流量であり、 k は v と G_a の比例係数である。標準大気密度 ρ_0 と、標準大気密度 ρ_0 を現在の大気密度 ρ へ変換するための圧力補正係数 ek_{pa} 及び温度補正係数 ek_{tha} とを使用すれば、数4は下記数5のように書き換えることができる。更に、数5は、流量 G_a だけを変数とする関数 $f(G_a)$ を使用して下記数6のように書き換えることができる。そして、この関数 $f(G_a)$ の値を実験またはシミュレーション等によって求めて G_a を引数とするマップを事前に作成しておけば、そのマップに基づいて流量 G_a から $f(G_a)$ の値を求めることができる。

【0049】

【数5】

$$P_a - P_{ac} = \frac{k}{\rho_0} \cdot G_a^2 \cdot \frac{1}{ek_{pa} \cdot ek_{tha}}$$

【0050】

【数6】

$$P_a - P_{ac} = \frac{f(G_a)}{ek_{pa} \cdot ek_{tha}}$$

【0051】

数6は、上記上流側吸気管内圧力 P_{ac} を表す下記数7のように変形することができる

。数 7 において、流量 G_a は、エアクリーナ 11 の下流側のエアフローメータ 24 により検出することができる。そして、その流量 G_a を用いて上述した $f(G_a)$ のマップから $f(G_a)$ の値を求めることができる。また、圧力補正係数 $ekpa$ は、検出される大気圧 P_a により設定可能であり、温度補正係数 $ektha$ は、検出される大気温度 T_a により設定可能である。

【0052】

【数 7】

$$Pac = Pa - \frac{f(Ga)}{ekpa \cdot ektha}$$

【0053】

また、数 7 において、エアクリーナ 11 を通過する空気の流量 G_a は、スロットル弁通過空気流量 mt と考えることができ、数 7 は下記数 8 のように変形することができる。

【0054】

【数 8】

$$Pac = Pa - \frac{f(mt)}{ekpa \cdot ektha}$$

【0055】

更に、上記流量 G_a は機関回転数 NE 及び後述する筒内空気充填率 $K1$ に比例することから、 j を比例係数とすると上記数 7 は下記数 9 のように変形することもできる。

【0056】

【数 9】

$$Pac = Pa - \frac{f(j \cdot NE \cdot K1)}{ekpa \cdot ektha}$$

【0057】

次に吸気管モデルについて説明する。吸気管モデルは、スロットル弁 12 から吸気弁 2 までの吸気管 8 等の部分（以下、「吸気管部分」と称す）8' をモデル化したものであり、これによると下流側吸気管内圧力 P_m (kPa) 及び下流側吸気管内温度 T_m (K) について下記数 10 及び数 11 のようなモデル式が得られる。ここで、 mc (g/s) は筒内吸入空気流量であり、 V_m (m³) は上記吸気管部分 8' の容積に等しい定数である。

【0058】

【数 10】

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{P_m}{T_m} \right) = \frac{R}{V_m} \cdot (m_t - m_c)$$

【0059】

【数 11】

$$\frac{dP_m}{dt} = \kappa \cdot \frac{R}{V_m} \cdot (m_t \cdot T_a - m_c \cdot T_m)$$

【0060】

ここで、吸気管モデルについて図7を参照して説明する。吸気管部分8'の総気体量をMとすると、総気体量Mの時間的变化は、吸気管部分8'に流入する気体の流量、すなわちスロットル弁通過空気流量 m_t と、吸気管部分8'から流出する気体の流量、すなわち筒内吸入空気流量 m_c との差に等しいため、質量保存則により下記数12が得られ、この数12及び気体の状態方程式($P_m \cdot V_m = M \cdot R \cdot T_m$)より、数10が得られる。

【0061】

【数 12】

$$\frac{dM}{dt} = m_t - m_c$$

【0062】

また、吸気管部分8'の気体のエネルギー $M \cdot C_v \cdot T_m$ の時間的变化量は、吸気管部分8'に流入する気体のエネルギーと吸気管部分8'から流出する気体のエネルギーとの差に等しい。このため、吸気管部分8'に流入する気体の温度を大気温度 T_a 、吸気管部分8'から流出する気体の温度を下流側吸気管内温度 T_m とすると、エネルギー保存則により下記数13が得られ、この数13及び上記気体の状態方程式より、数11が得られる。

【0063】

【数 13】

$$\frac{d(M \cdot C_v \cdot T_m)}{dt} = C_p \cdot m_t \cdot T_a - C_p \cdot m_c \cdot T_m$$

【0064】

最後に吸気弁モデルについて説明する。吸気弁モデルは吸気弁をモデル化したものであり、これによると筒内吸入空気流量 m_c が下記数14のようなモデル式で表される。数1

4におけるA、Bは、少なくとも機関回転数NEに基づいて定められる適合パラメータであり、予めマップを作成しておき、必要に応じてマップを検索して求めるようにする。なお、本実施形態においては、上述したように吸気弁2に対してバルブリフト量変更装置14及び開閉タイミングシフト装置15が設けられており、吸気弁2のバルブリフト量及び開閉タイミング等の開弁特性を変更できるので、上記適合パラメータA、Bは、吸気弁2の開弁特性の設定状態にも基づいて定められる。

【0065】

【数14】

$$m_c = A \cdot P_m - B$$

【0066】

上述した吸気弁モデルについて図8を参照して説明する。一般に、吸気弁2が閉じた時に燃焼室6内に充填されている空気の量である筒内充填空気量 M_c は、吸気弁2が閉弁する時（吸気弁閉弁時）に確定し、吸気弁閉弁時の燃焼室6内の圧力に比例する。また、吸気弁閉弁時の燃焼室6内の圧力は吸気弁上流の気体の圧力、すなわち下流側吸気管内圧力 P_m と等しいとみなすことができる。したがって、筒内充填空気量 M_c は、下流側吸気管内圧力 P_m に比例すると近似することができる。

【0067】

ここで、単位時間当たりに吸気管部分8'から流出する全空気の量を平均化したもの、または単位時間当たりに吸気管部分8'から全ての燃焼室6に吸入される空気の量を一つの気筒の吸気行程に亘って平均化したものを筒内吸入空気流量 m_c （以下で詳述する）とすると、筒内充填空気量 M_c が下流側吸気管内圧力 P_m に比例することから、筒内吸入空気流量 m_c も下流側吸気管内圧力 P_m に比例すると考えられる。このことから、理論及び経験則に基づいて、上記数14が得られる。なお、数14における適合パラメータAは比例係数であり、適合パラメータBは排気弁閉弁時において燃焼室6内に残存している既燃ガス量に関連する値である。

【0068】

なお、適合パラメータA、Bについて、機関回転数等が同じであっても下流側吸気管内圧力 P_m が大きい場合と小さい場合とでそれぞれ異なる二つの値（例えば、A1、B1及びA2、B2）をとるようにすることによって、すなわち、筒内吸入空気流量 m_c を二つの上記数14のような式（つまり、下流側吸気管内圧力 P_m の一次式）で示すようにすることによって、筒内吸入空気流量 m_c をより正確に求めることが可能な場合があることがわかっている。これは、特に吸気弁2と排気弁4とが共に開いている期間（すなわち、バルブオーバーラップ）がある場合等において既燃ガスが吸気ポート3に逆流することに関連するものと考えられる。すなわち、バルブオーバーラップがある場合において、下流側吸気管内圧力 P_m が所定圧力以上である時には、下流側吸気管内圧力 P_m が高いほど既燃ガスの逆流が顕著に減少するために、上記所定圧力以下である時に比較して、Aの値は大きくされると共にBの値は小さくされる。

【0069】

ここで、筒内吸入空気流量 m_c について、図9を参照して内燃機関が4気筒である場合について説明する。なお、図9は横軸がクランクシャフトの回転角度、縦軸が単位時間当たりに吸気管部分8'から燃焼室6に実際に流入する空気の量である。図9に示したように、4気筒の内燃機関では、吸気弁2が例えば1番気筒、3番気筒、4番気筒、2番気筒の順に開弁し、各気筒に対応する吸気弁2の開弁量に応じて吸気管部分8'から各気筒の燃焼室6内へ空気が流入する。吸気管部分8'から各気筒の燃焼室6内に流入する空気の流量の変位は図9に破線で示した通りであり、これらを総合した吸気管部分8'から全気筒の燃焼室6に流入する空気の流量は図9に実線で示した通りである。また、例えば1番

気筒への筒内充填空気量 M_c は図9に斜線で示した部分に相当する。

【0070】

これに対して、実線で示した吸気管部分8'から全ての気筒の燃焼室6に流入する空気の量を平均化したものが筒内吸入空気流量 m_c であり、図中に一点鎖線で示されている。そして、この一点鎖線で示した筒内吸入空気流量 m_c に、4気筒の場合にはクランクシャフトが 180° （すなわち、4ストローク式内燃機関において1サイクル中にクランクシャフトが回転する角度 720° を気筒数で割った角度）回転するのにかかる時間 ΔT_{180° を乗算したものが筒内充填空気量 M_c となる。したがって、吸気弁モデルM23で算出された筒内吸入空気流量 m_c に ΔT_{180° を乗算することで、筒内充填空気量 M_c を算出することができる（ $M_c = m_c \cdot \Delta T_{180^\circ}$ ）。更に、この筒内充填空気量 M_c を、1気圧、 25°C の状態において一気筒当たりの排気量に相当する容積を占める空気の質量で除算することによって筒内空気充填率 K_1 を算出することができる。このように筒内充填空気量 M_c 、筒内吸入空気流量 m_c 、筒内空気充填率 K_1 は互いに比例関係にあり、何れか一つの値を求めれば他の値を求めることができる。すなわち、これらの値は相互に換算することが可能である。

【0071】

なお、本明細書において、内燃機関の吸気量とは、内燃機関の（稼動中の）全気筒の燃焼室内に吸入される空気の量のことであり、これは上記の筒内充填空気量 M_c 、筒内吸入空気流量 m_c 、筒内空気充填率 K_1 の何れを用いても表現することができる。

【0072】

ところで、本実施形態においては、上述したように、バルブリフト量変更装置14や開閉タイミングシフト装置15によって吸気弁2の開弁特性（リフト量、作用角、バルブタイミング）を制御することができ、スロットル弁12によって下流側吸気管内圧力を制御することができる。そして、この開弁特性とスロットル弁12の開度（より詳細には、スロットル弁下流側の吸気管内圧力）とを協調制御することによって吸気量が制御される。すなわち、スロットル弁と、開弁特性制御手段であるバルブリフト量変更装置14及び開閉タイミングシフト装置15とが協働して吸気量を制御する。そして、本実施形態ではこのような吸気量制御の際に、上述した各モデル式を利用した制御がなされる。以下ではその具体的な方法について図10のフローチャートを参照しつつ説明する。

【0073】

図10は、本実施形態における吸気量制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンはECU28により予め定めた時間、すなわち制御周期 T_s 毎の割込みによって実施される。

【0074】

本制御ルーチンがスタートすると、まずステップ101において、制御周期 T_s に相当する時間経過後に実現すべき目標吸気量 m_{cta} が求められる。なお、上述したように吸気量は、上記の筒内充填空気量 M_c 、筒内吸入空気流量 m_c 、筒内空気充填率 K_1 の何れを用いても表現することができるが、以下の説明では筒内吸入空気流量 m_c を用いて表現する。したがって、上記目標吸気量 m_{cta} は、より詳細には、制御周期 T_s に相当する時間経過後に実現すべき筒内吸入空気流量 m_c のことである。

【0075】

この目標吸気量 m_{cta} は、内燃機関の運転状態、より詳細には機関回転数 N_E 及びアクセル踏み込み量 L に要求トルク T_{Qr} を対応させたマップと、要求トルク T_{Qr} に目標吸気量 m_{cta} を対応させたマップとを事前に作成しておき、これらのマップに基づいて求めるようにしてもよいが、本実施形態においては以下のようにして求められる。

【0076】

すなわち、本実施形態においては、機関回転数 N_E とアクセル踏み込み量 L とから、開弁特性が予め定めた基準状態に設定されているとした場合のスロットル開度（すなわち、基準目標スロットル開度） θ_{tb} を求めるマップが事前に作成され、ECU28に記憶されている。ここで上記基準状態は、例えば、バルブリフト量変更装置14や開閉タイミング

シフト装置 15 を有していない通常エンジンにおける標準的なバルブリフト量及び作用角、並びに開閉タイミングとされ得る。

【0077】

そして、まず上記基準目標スロットル開度 θ_{tb} を求めるマップに基づいて、機関回転数 N_E とアクセル踏み量 L とから基準目標スロットル開度 θ_{tb} が求められる。そして、この基準目標スロットル開度 θ_{tb} により、上述したスロットルモデルのモデル式 (数 2) が定められる (下記数 15)。

【0078】

【数 15】

$$m_{tb} = F(\theta_{tb}) \cdot \frac{P_{ac}}{\sqrt{R \cdot T_a}} \cdot \Phi\left(\frac{P_m}{P_{ac}}\right)$$

【0079】

一方、開弁特性が予め定めた基準状態に設定されているとすると、機関回転数 N_E 等から上述した吸気弁モデルのモデル式 (数 14) の適合パラメータ A 、 B が定められ、そのモデル式が定められる。適合パラメータ A 、 B が A_b 、 B_b に定められたとすると下記数 16 のようになる。

【0080】

【数 16】

$$m_{cb} = A_b \cdot P_m - B_b$$

【0081】

そして吸気量が目標吸気量になる状態は、すなわち収束状態であり、その時スロットル弁通過空気流量 m_t と筒内吸入空気流量 m_c は等しくなる。したがって、上記のように定められたスロットルモデルのモデル式 (数 15) から得られるスロットル弁通過空気流量 m_{tb} と、上記のように定められた吸気弁モデルのモデル式 (数 16) から得られる筒内吸入空気流量 m_{cb} とが、同一の下流側吸気管内圧力 P_m に対して等しくなる時の上記筒内吸入空気流量 m_{cb} を求めれば、それが目標吸気量 m_{cta} ということになる。

【0082】

そして、以上のようにして上記目標吸気量 m_{cta} を求めることは、図 11 に例示したように、上記のように定められたスロットルモデルのモデル式 (数 15) によって表される曲線 m_{tb} と上記のように定められた吸気弁モデルのモデル式 (数 16) によって表される直線 m_{cb} との交点 $E P_b$ を求め、その縦軸の座標を求めることと同義である。ここで、上記交点 $E P_b$ を求める場合、曲線 m_{tb} を表す式 (数 15) をそのまま用いて上記交点 $E P_b$ を求めようとすると計算が非常に複雑になる。そこで、計算を簡単にするために、上記曲線 m_{tb} を表す式 (数 15) を複数の下流側吸気管内圧力 P_m の一次式で近似するようにしてもよい。すなわち、上記曲線 m_{tb} を複数の直線で近似するようにする。具体的には、例えば下流側吸気管内圧力 P_m の一定間隔毎に上記曲線 m_{tb} を表す式 (数 15) に基づいてスロットル弁通過空気流量 m_{tb} を算出して下流側吸気管内圧力 P_m の一定間隔毎の上記曲線 m_{tb} 上の点を求め、これらの隣り合う 2 点を結ぶ各直線を上記曲線 m_{tb} の近似直線として求めるようにする。そして、これらの各近似直線を表す一次式が上記曲線 m_{tb} を表す式 (数 15) の近似一次式となる。

【0083】

ところで、上記曲線 $m t b$ を表す式の一次式への近似は、上記交点 $E P b$ を容易に求めるためであるので、ここで必要となるのは上記交点 $E P b$ の近傍における近似一次式である。したがって、この近似一次式のみを求めるようにしてもよい。この場合、下流側吸気管内圧力 $P m$ の一定間隔毎に上記直線 $m c b$ を表す式（数 16）に基づいて筒内吸入空気流量 $m c b$ も求めておき、スロットル弁通過空気流量 $m t b$ と筒内吸入空気流量 $m c b$ との大きさが逆転するところを求めることで上記交点 $E P b$ の位置が特定できる。

【0084】

すなわち、上記交点 $E P b$ 近傍（すなわち、スロットル弁通過空気流量 $m t b$ と筒内吸入空気流量 $m c b$ との大きさが逆転する部分）における近似一次式は、例えば曲線 $m t b$ 上の 2 点であってスロットル弁通過空気流量 $m t b$ と筒内吸入空気流量 $m c b$ との大きさが逆転する前後の 2 点を結んだ直線を表す一次式とされる。

【0085】

なお、以上の説明から理解されられると思われるが、上記基準状態をバルブリフト量変更装置 14 や開閉タイミングシフト装置 15 を有していない通常エンジンにおける標準的なバルブリフト量及び作用角、開閉タイミングとして上記の方法により目標吸気量 $m c t a$ を求めると、通常エンジンの場合において運転者があるアクセル踏み量 $L c$ で意図する吸気量と同じ吸気量を、本実施形態における同じアクセル踏み量 $L c$ に対する目標吸気量 $m c t a$ として求めることができる。

【0086】

ステップ 101 で目標吸気量 $m c t a$ が求められると、続くステップ 103 において、吸気弁 2 の目標開弁特性 $C v t a$ 、すなわち、目標リフト量 $L t t a$ 及び目標作用角 $S a t a$ 、並びに目標開閉タイミングシフト量（すなわち、基準となる開閉タイミングからの遅角または進角量であって開閉タイミングシフト装置による変位角） $V t t a$ が決定される。なお、上述の説明から明らかなように、本実施形態においてはリフト量 $L t$ と作用角 $S a$ には一定の関係があり、作用角 $S a$ が決まればリフト量 $L t$ も決まるので、目標リフト量 $L t t a$ 及び目標作用角 $S a t a$ を決定する場合、実際には目標作用角 $S a t a$ がマップを用いて決定される。

【0087】

より詳細には、ステップ 103 においては、上記目標作用角 $S a t a$ 及び目標開閉タイミングシフト量 $V t t a$ が、機関回転数 $N E$ 、目標吸気量 $m c t a$ 等に対して、燃費、エミッション、トルク変動等の条件が複合的に最適となる作用角 $S a$ 及び開閉タイミングシフト量 $V t$ が得られるように作成されたマップに基づいて決定される。このようなマップは事前に実験等によって求められ、ECU 28 に記憶させておく。

【0088】

ステップ 103 において目標開弁特性 $C v t a$ が決定されると、続くステップ 105 において、目標吸気管内圧力 $P m t a$ が求められる。この目標吸気管内圧力 $P m t a$ は吸気弁 2 の開弁特性 $C v$ が上記目標開弁特性 $C v t a$ に設定されている場合に上記目標吸気量 $m c t a$ を実現するスロットル弁下流側の吸気管内圧力 $P m$ である。

【0089】

そして、本実施形態において、この目標吸気管内圧力 $P m t a$ は、上述した吸気弁モデルのモデル式（数 14）を用いて以下のように求められる。すなわち、まず開弁特性 $C v$ が上記目標開弁特性 $C v t a$ に設定されているとして、機関回転数 $N E$ 等から上述した吸気弁モデルのモデル式（数 14）の適合パラメータ A 、 B を定め、そのモデル式を定める。つまり、適合パラメータ A 、 B が $A f$ 、 $B f$ に定められたとすると下記数 17 のようになる。

【0090】

【数 17】

$$mcf = Af \cdot P_m - Bf$$

【0091】

そして、上記目標吸気管内圧力 P_{mta} は、この数 17 において目標吸気量 $mcta$ を実現する下流側吸気管内圧力 P_m であるので、数 17 に基づいて下記数 18 のように表すことができる。

【0092】

【数 18】

$$P_{mta} = \frac{mcta + Bf}{Af}$$

【0093】

上記開弁特性 C_v が上記目標開弁特性 C_{vta} に設定されている場合の吸気弁モデルのモデル式 (数 17) で表される直線 mcf と上記目標吸気管内圧力 P_{mta} とを図示すると、例えば図 12 のようになる。

【0094】

ステップ 105 において目標吸気管内圧力 P_{mta} が求められると、続くステップ 107 において、目標スロットル開度 θ_{tta} が求められる。この目標スロットル開度 θ_{tta} は下流側吸気管内圧力 P_m を上記目標吸気管内圧力 P_{mta} とするスロットル開度 θ_t である。本実施形態において、この目標スロットル開度 θ_{tta} は、上述したスロットルモデルのモデル式 (数 2) を用いて以下のようにして求められる。

【0095】

すなわち、スロットル開度 θ_t を目標スロットル開度 θ_{tta} とした場合には、下流側吸気管内圧力 P_m が上記目標吸気管内圧力 P_{mta} に収束すると共に、スロットル弁通過空気流量 m_t が目標吸気量 $mcta$ に収束するはずであるので、下記数 19 が成立する。

【0096】

【数 19】

$$mcta = F(\theta_{tta}) \cdot \frac{P_{ac}}{\sqrt{R \cdot T_a}} \cdot \Phi\left(\frac{P_{mta}}{P_{ac}}\right)$$

【0097】

そして、数 19 は、下記数 20 のように変形することができる。

【0098】

【数 20】

$$F(\theta_{tta}) = \frac{mcta}{\frac{Pac}{\sqrt{R \cdot Ta}} \cdot \Phi\left(\frac{Pmta}{Pac}\right)}$$

【0099】

そしてここで、数 20 の左辺はスロットル開度 θ_t のみの関数であるので、数 20 の右辺の値を計算することで、数 20 に基づいて目標スロットル開度 θ_{tta} を求めることができる。すなわち、例えば、上述したスロットル開度 θ_t から $F(\theta_t)$ の値を求めるマップを逆に用いることで、算出された数 20 の右辺の値を用いて目標スロットル開度 θ_{tta} を求めることができる。

【0100】

なお、上記数 20 は、上記数 8 及び数 18 を用いると、下記数 21 のように書き換えることができる。

【0101】

【数 21】

$$F(\theta_{tta}) = \frac{mcta}{\left(Pa - \frac{f(mcta)}{ekpa \cdot ektha} \right) \cdot \Phi \left(\frac{\frac{mcta + Bf}{Af}}{Pa - \frac{f(mcta)}{ekpa \cdot ektha}} \right)}$$

【0102】

また、上記のようにして求められた目標スロットル開度 θ_{tta} を上記数 2 に代入すると下記数 22 が得られる。そしてこの数 22 で表されるスロットル通過空気流量 mtf の曲線を図示すると図 13 のように点 $EPf(Pmta, mcta)$ を通る曲線となる。

【0103】

【数 22】

$$mtf = F(\theta_{tta}) \cdot \frac{Pac}{\sqrt{R \cdot Ta}} \cdot \Phi\left(\frac{Pm}{Pac}\right)$$

【0104】

ステップ 107 において目標スロットル開度 θ_{tta} が求められると、続くステップ 109 において、吸気弁 2 の開弁特性 C_v が上記目標開弁特性 C_{vta} になるようにバルブリフト量変更装置 14 及び開閉タイミングシフト装置 15 が制御されると共に、スロットル開度 θ_t が上記目標スロットル開度 θ_{tta} になるようにスロットル弁 12 が制御される。これによって、吸気量が目標吸気量 $mcta$ になるように制御される。そしてステッ

プ109を終了するとステップ101に戻り同様の制御が繰り返される。

【0105】

なお、本実施形態では、バルブリフト量変更装置14及び開閉タイミングシフト装置15によって吸気弁2の開弁特性のみが変更され、排気弁4の開弁特性は変更されていないが、他の実施形態では、排気弁用のバルブリフト量変更装置及び開閉タイミングシフト装置を設けることによって排気弁4の開弁特性を変更できるようにしてもよい。

【0106】

また、以上では、スロットル弁12と、バルブリフト量変更装置14及び開閉タイミングシフト装置15という可変動弁機構との協調制御によって吸気量を制御する場合を例にとって説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、スロットル弁と、可変動弁機構以外の吸気量可変手段、例えば気筒数可変機構や排気量可変機構等とが協働して吸気量を制御する場合にも適用可能である。すなわち、これらの吸気量可変手段についてその設定状態に対応して上記吸気弁モデルのモデル式の適合パラメータA、Bを適切に定めれば、上述した可変動弁機構の場合と同様にして、目標吸気量や目標スロットル開度を求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0107】

【図1】図1は、本発明を筒内噴射型火花点火式内燃機関に適用した場合の一例を示す概略図である。

【図2】図2は、バルブリフト量変更装置が作動されるのに伴って吸気弁のバルブリフト量及び作用角が変化する様子を示した図である。

【図3】図3は、開閉タイミングシフト装置が作動されるのに伴って吸気弁の開閉タイミングがシフトする様子を示した図である。

【図4】図4は、スロットル開度と流量係数との関係を示す図である。

【図5】図5は、関数 $\Phi(P_m/P_{ac})$ を示す図である。

【0108】

【図6】図6は、スロットルモデルの基本概念を示す図である。

【図7】図7は、吸気管モデルの基本概念を示す図である。

【図8】図8は、吸気弁モデルの基本概念を示す図である。

【図9】図9は、筒内充填空気量及び筒内吸入空気流量の定義に関する図である。

【図10】図10は、本発明の一実施形態における吸気量制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図11】図11は、図10の制御ルーチンのステップ101に関連する図であり、目標吸気量 m_{cta} について示した図である。

【図12】図12は、図10の制御ルーチンのステップ105に関連する図であり、目標吸気管内圧力 P_{mta} について示した図である。

【図13】図13は、図10の制御ルーチンのステップ107に関連する図である。

【符号の説明】

【0109】

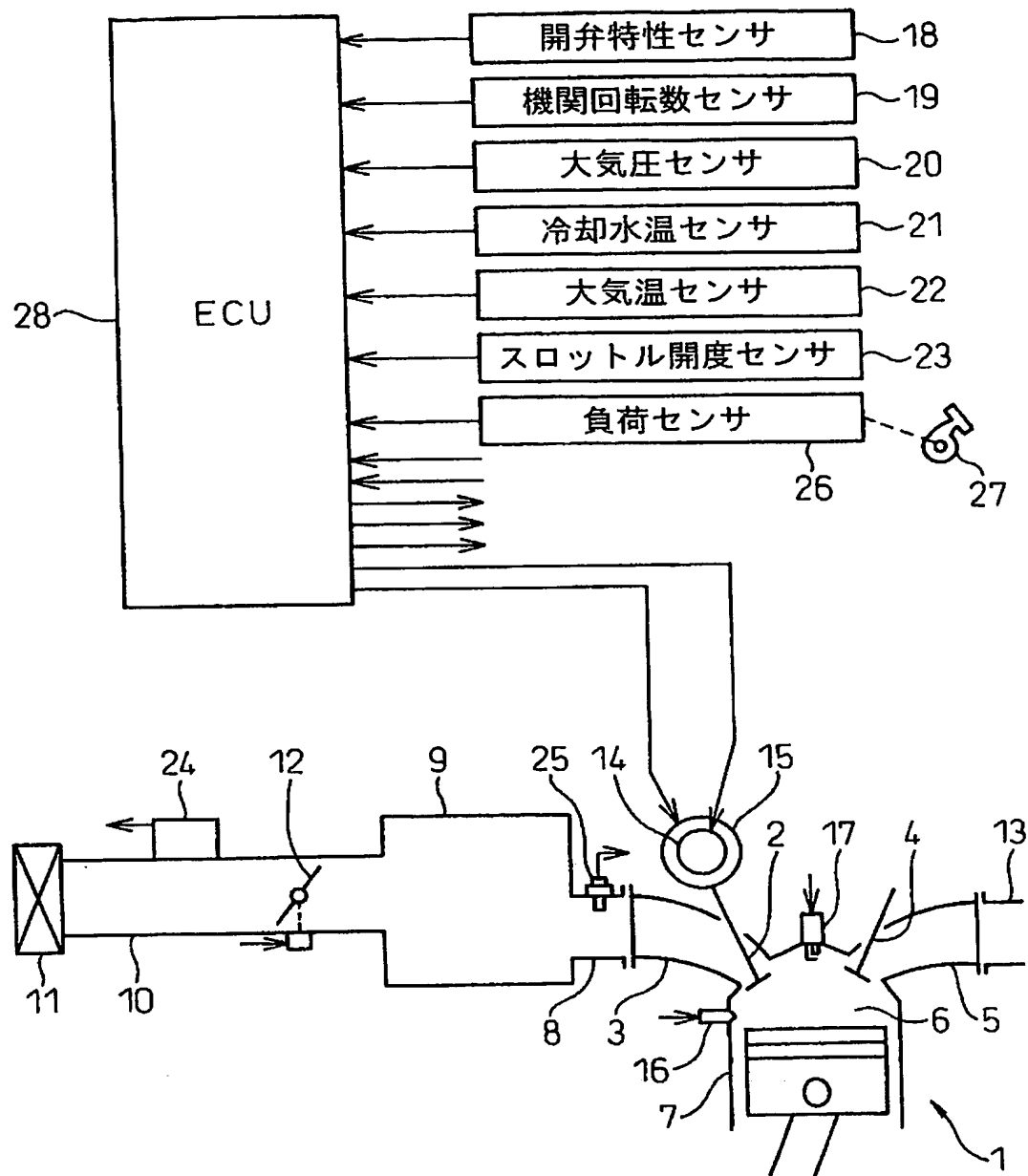
- 1…内燃機関本体
- 2…吸気弁
- 3…吸気ポート
- 4…排気弁
- 5…排気ポート
- 6…燃焼室
- 7…シリンダ（気筒）
- 9…サージタンク
- 11…エアクリーナ
- 12…スロットル弁
- 14…バルブリフト量変更装置

- 1 5 …開閉タイミングシフト装置
- 1 8 …開弁特性センサ
- 2 4 …エアフローメータ
- 2 8 …E C U (電子制御装置)

【書類名】 図面

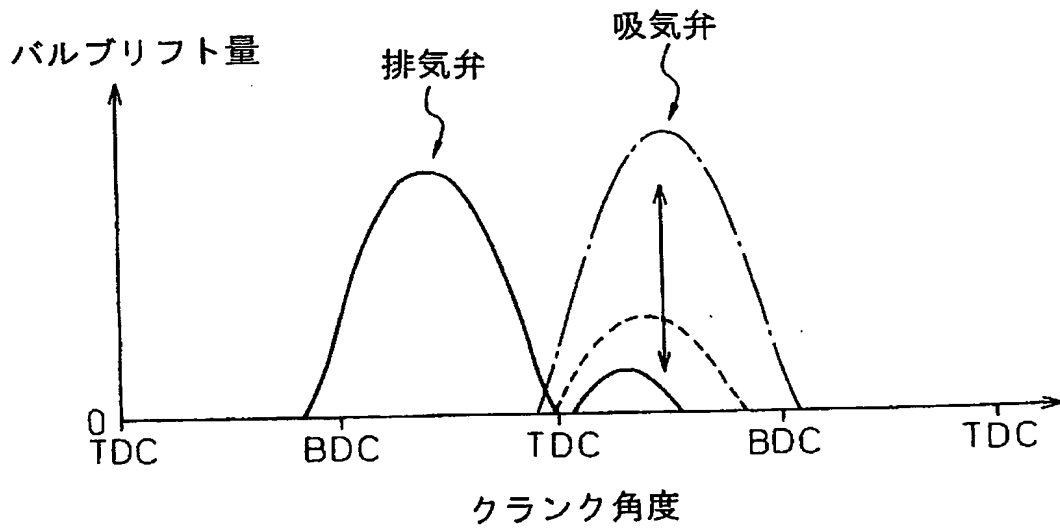
【図 1】

図 1



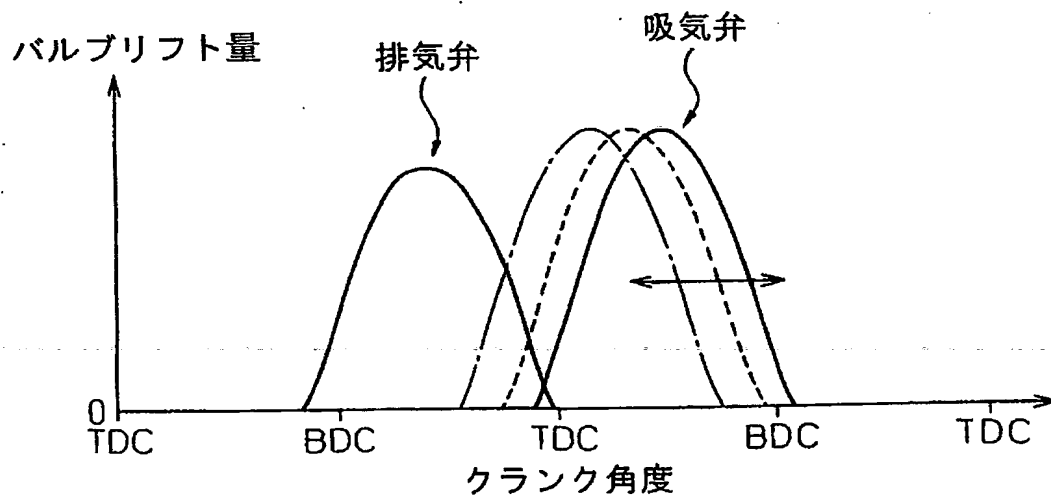
【図 2】

図 2

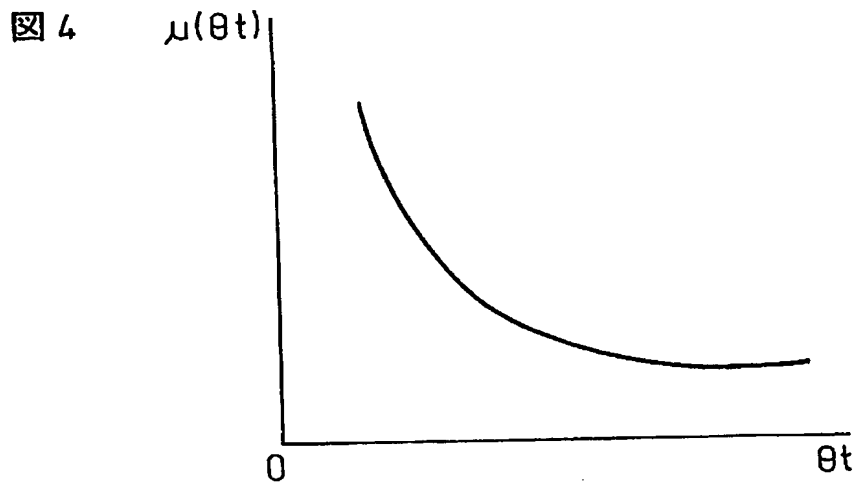


【図 3】

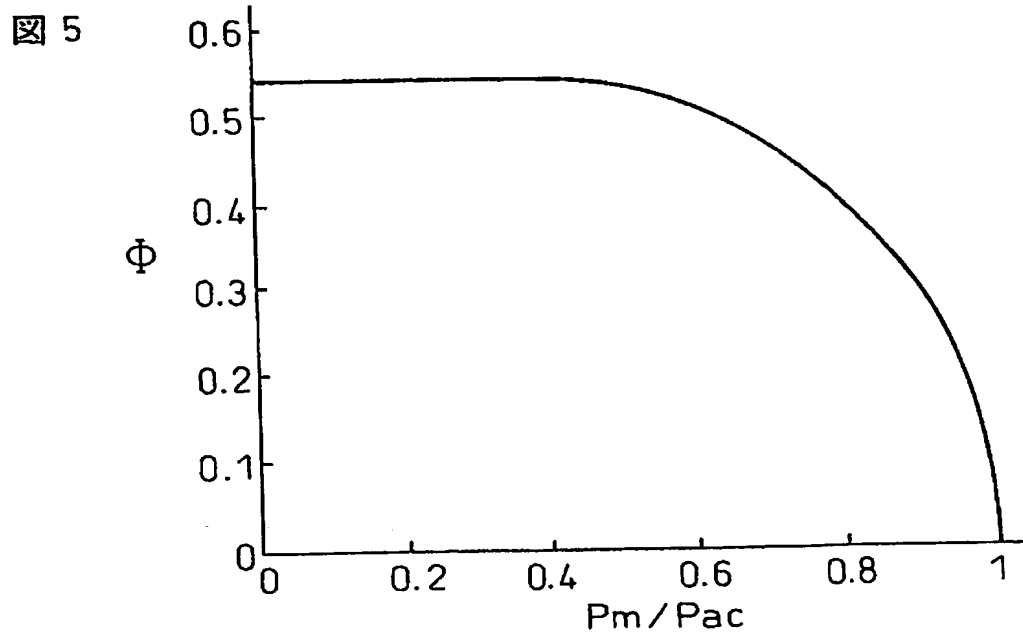
図 3



【図 4】

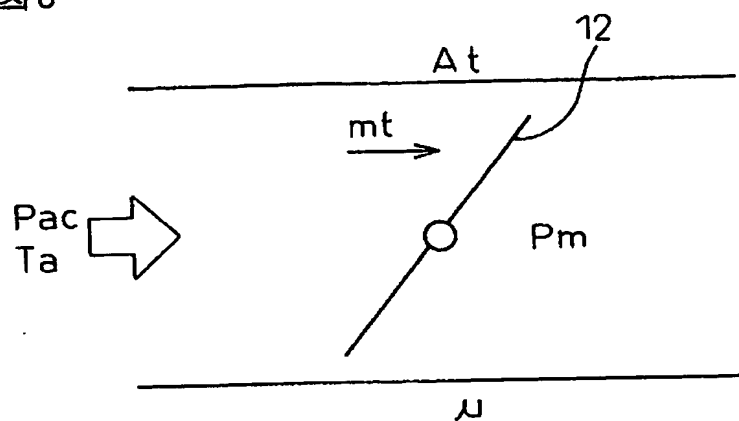


【図 5】



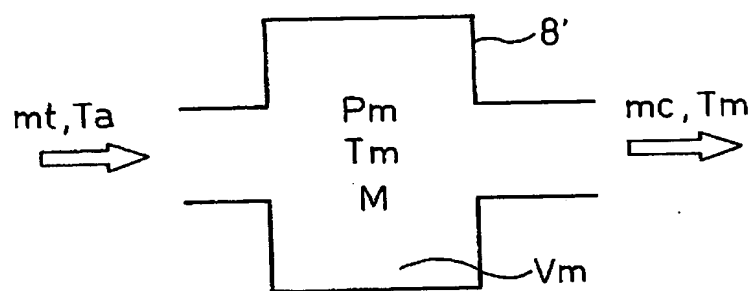
【図 6】

図 6



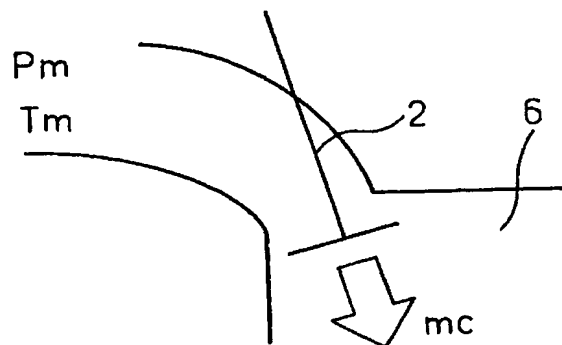
【図 7】

図 7



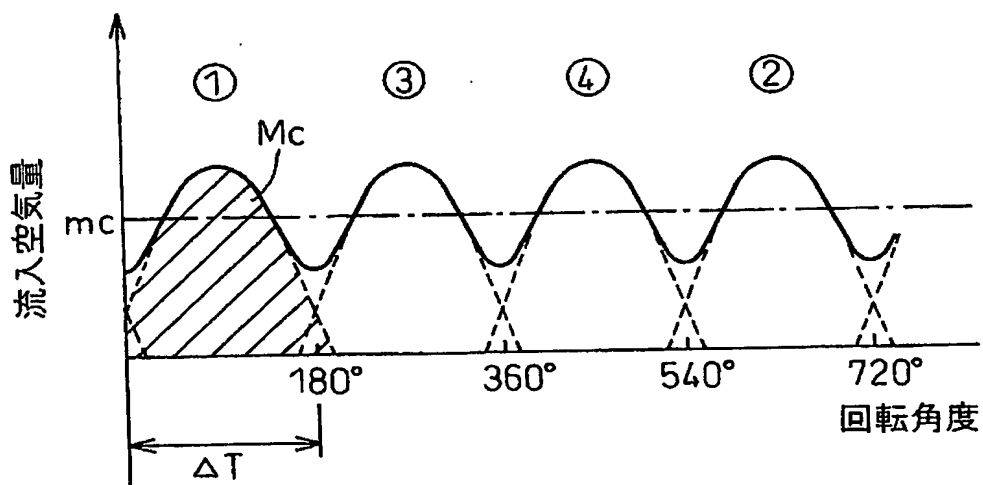
【図 8】

図 8



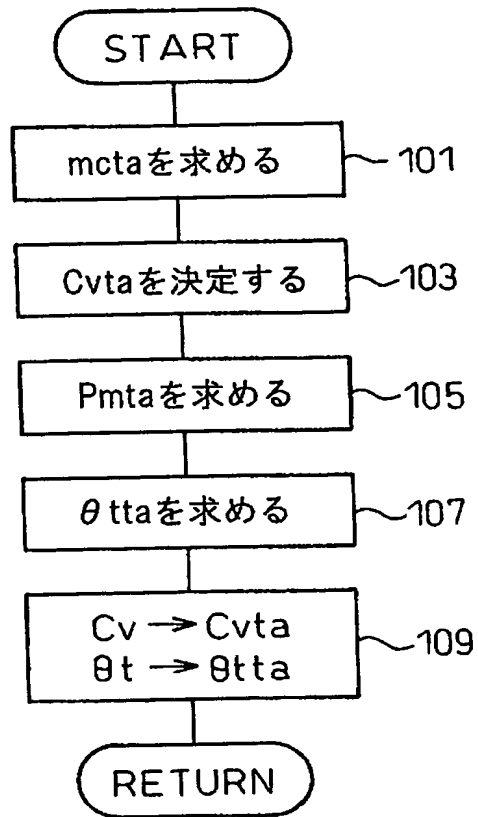
【図 9】

図 9



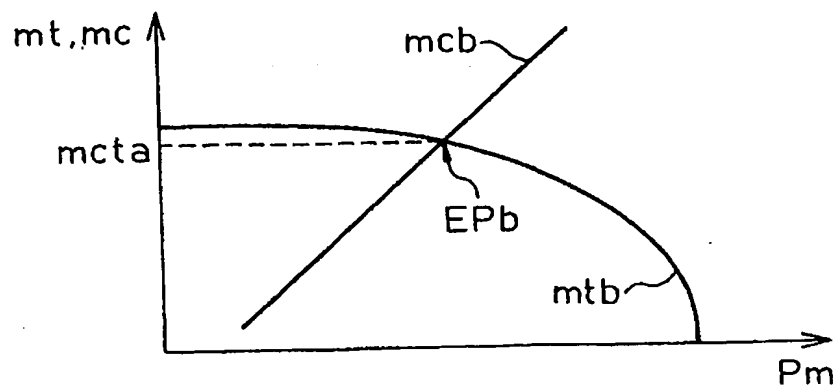
【図 10】

図 10



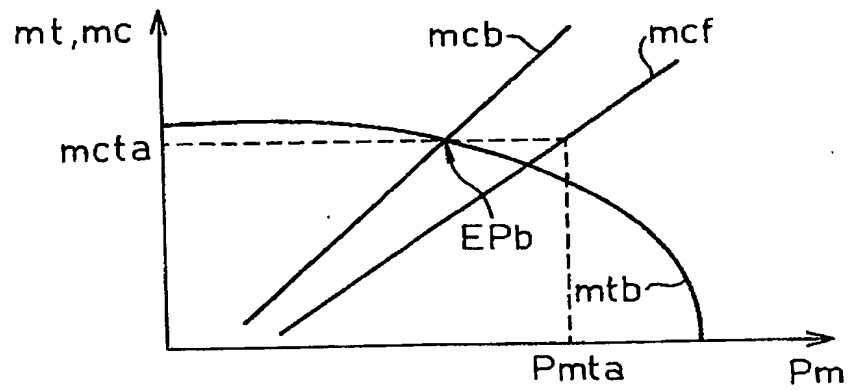
【図 11】

図 11



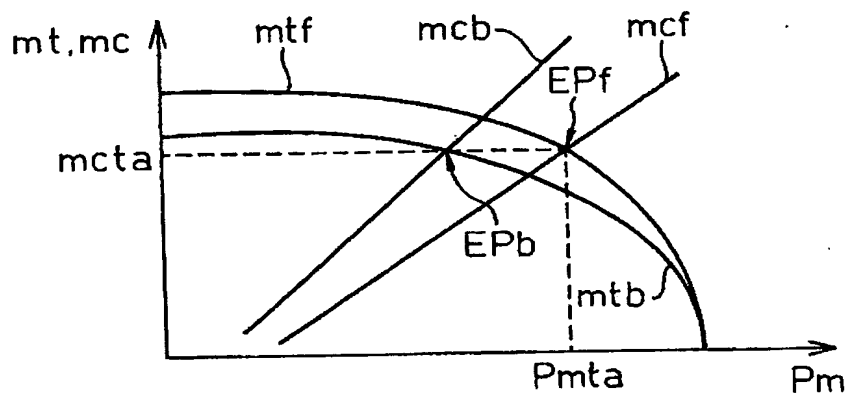
【図 12】

図 12



【図 13】

図 13



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 スロットル弁と、それと協働する吸気量可変手段とを備えた内燃機関の吸気量制御装置及び吸気量制御方法であって、スロットル弁の目標開度を、新規な方法によって求めるようにした吸気量制御装置及び吸気量制御方法を提供する。

【解決手段】 スロットル弁と、それと協働する吸気量可変手段とを備えた内燃機関において吸気量を制御する装置及び方法であって、アクセル開度と機関回転数とに基づいて目標吸気量 m_{cta} を求め（ステップ101）、少なくとも上記目標吸気量に基づいて上記吸気量可変手段についての目標設定状態 C_{vta} を決定し（ステップ103）、上記目標吸気量 m_{cta} と、上記目標設定状態 C_{vta} とから、機関吸気系をモデル化して該機関吸気系を通過する空気について表したモデル式に基づいて目標スロットル開度 θ_{tta} を求める（ステップ107）、内燃機関の吸気量制御装置及び方法を提供する。

【選択図】 図10

特願 2003-301459

出願人履歴情報

識別番号

[000003207]

1. 変更年月日
[変更理由]

住所
氏名

1990年 8月27日
新規登録
愛知県豊田市トヨタ町1番地
トヨタ自動車株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/011276

International filing date: 30 July 2004 (30.07.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-301459
Filing date: 26 August 2003 (26.08.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 20 January 2005 (20.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.